


Estudio de Rendimiento de Equipos de Desarrollo de Software

Miguel Díaz López¹, Alejandro Fernández González², José Abraham Rodríguez López³, Tomás San Feliu Gilabert⁴

Facultad de Informática – Universidad Politécnica de Madrid

Abstract — *El rendimiento en los equipos de desarrollo de Software es un factor clave para la entrega de proyectos en el tiempo y coste planificados. Para poder incrementar este rendimiento es necesario realizar una captura y análisis de datos para extraer conclusiones sobre qué puntos reforzar. En el presente documento se realiza un estudio del rendimiento de veinte equipos atendiendo a diversos factores –velocidad de fabricación, inyección de defectos, etc.- durante todas las fases que componen el desarrollo de un proyecto de Ingeniería del Software.*

Palabras Clave — *Calidad de Software, Desarrollo Software, Estimación, Ingeniería del Software, Métricas de Software, Precisión, Rendimiento.*

Esta obra está bajo una licencia Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/> o envíe una carta a Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA. 

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analizará el propósito y la metodología utilizada para la realización del presente documento.

Propósito

El propósito perseguido con la realización del actual estudio es el de caracterizar el funcionamiento de equipos de desarrollo software en términos de:

- Velocidad de detección y eliminación de defectos.
- Tiempo.
- Tamaño de desarrollo.
- Precisión de la estimación.

para analizar su rendimiento.

Descripción de la muestra

La muestra utilizada para el presente estudio se ha obtenido a partir de los datos provistos por los alumnos de la asignatura “Ingeniería del software” impartida en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. Para la captura de los datos se ha empleado la plantilla recogida en el Anexo I de esta documentación.

En lo que respecta a la calidad de los datos, al no realizar ningún tipo de control previo a la captura de dichos datos, se constató la no completitud de la muestra.

Tras el análisis se concluyó que en determinados casos los datos no presentaban una fiabilidad adecuada.

Proceso Seguido

El proceso llevado a cabo para el análisis de la muestra se corresponde con las siguientes fases:

1. **Cotejado de los datos:** Comprobación de que la inserción de los datos en formato procesable se ha realizado de forma correcta.
2. **Estudio de la fiabilidad de los datos:** Fase en la que, empleando diagramas XmR, se determina que datos exceden los límites considerados fiables.
3. **Análisis de las variables de rendimiento:** Etapa durante la cual se evalúa el rendimiento de los grupos de trabajo en base al análisis y relación existente entre las distintas variables analizadas.

Abreviaturas, términos utilizados y ecuaciones

- **Gráfico XmR:** Gráfico empleado para representar el valor medio y los rangos de movimiento de un conjunto de datos.
- **LOC (Lines Of Code):** Líneas de código.

¹ nunmehables@gmail.com

² alefg.87@gmail.com

³ j.abraham8@hotmail.com

⁴ tsanfe@fi.upm.es

- **UNPL** (*Upper natural process limit*): Límite superior que no han de exceder los datos. Se corresponde con el valor de 3-sigma.

- **CL** (*Center Line*): Media del conjunto de datos.

- **Calidad del producto:**

$$\text{Calidad de Producto} = \frac{\text{\#defectos inyectados}}{\text{LOC}}$$

- **Rendimiento:**

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{\#defectos eliminados}}{\text{tiempo}}$$

- **Productividad:**

$$\text{Productividad} = \frac{\text{LOC totales}}{\text{Tiempo total}}$$

- **Precisión de la estimación:**

$$\text{Precisión de la estimación} = \frac{|\text{Valor real} - \text{Valor planificado}|}{\text{Valor planificado}}$$

- **Densidad de defectos:**

$$\text{Densidad de defectos} = \frac{\text{\#defectos}}{\text{Tamaño (KLOC)}}$$

- **Velocidad de inyección/eliminación:**

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{\#def. iny./eliminados}}{\text{Esfuerzo total}}$$

- **Velocidad de fabricación:**

$$\text{Velocidad de fabricación} = \frac{\text{LOC totales}}{\text{Esfuerzo total}}$$

OBJETIVOS DE MEDICIÓN

En este capítulo se introducirá el contexto bajo el cual se ha llevado a cabo el estudio, así como las variables involucradas en el mismo.

Contexto

El caso de estudio está basado en los datos proporcionados por veinte grupos de trabajo. Los datos se distribuyen en cuatro ámbitos: Tamaños, tiempos, defectos inyectados y defectos eliminados. Para cada uno de estos ámbitos se dispone de los valores planificados y reales correspondientes al segundo ciclo del proyecto.

Tomando como punto de partida los datos anteriormente mencionados, se inicia el aprendizaje del proceso de medición y evaluación de la calidad del desarrollo software.

Variables objeto de estudio

Como se ha descrito en el Propósito del estudio, las variables objeto de dicho estudio son las siguientes:

1. Velocidad de detección y eliminación de defectos.
2. Tiempo.
3. Tamaño de desarrollo.
4. Precisión de la estimación.

En capítulos posteriores se recogen los resultados obtenidos para cada una de ellas.

ANÁLISIS REALIZADO

A lo largo de esta sección se responderán a diversas preguntas acerca de las variables a estudiar. Para cada una de ellas se presentarán los indicadores y datos estadísticos que ayuden a responderlas.

¿Son los datos fiables?

Para el análisis de la fiabilidad de los datos se han utilizado diagramas XmR. Por medio de estos diagramas se determina si algún valor del conjunto de los datos excede el límite de 3-sigma, que agrupa el 99.97% de las muestras.

Este análisis se realizó para todos los datos de tamaños, esfuerzos y defectos.

En la Ilustración 1 se observa como el valor de LOC planificadas a desarrollar para el grupo número 4 excede el límite de 3-sigma, que para este caso concreto es aproximadamente 8000 LOC. Por tanto, se considera que el valor proporcionado por el grupo 4 no es fiable.

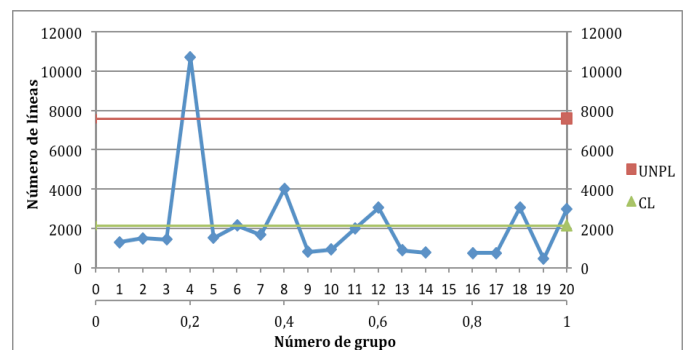


Ilustración 1: Planificación de LOC a desarrollar

Atendiendo al conjunto total de los datos se observa que existen casos puntuales en los que se produce la situación anteriormente descrita.

De manera global, se puede considerar que la muestra de datos es fiable.

¿Qué distribución siguen los datos?

Para determinar la distribución que siguen los datos se seleccionó el histograma como medio de representación.

La Ilustración 2 muestra la distribución de los valores de tiempo total de realización del proyecto.

Como se puede observar la mayoría de los grupos tienen un tiempo de desarrollo en torno a 225 horas.

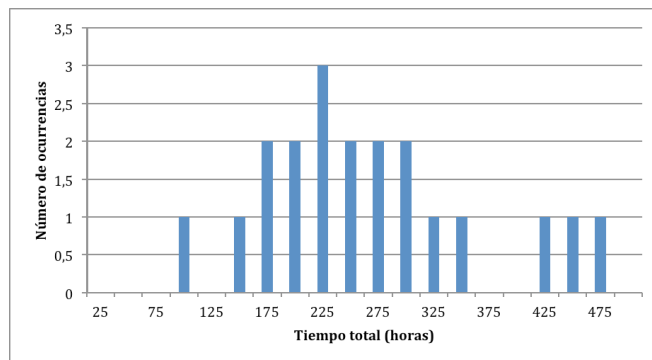


Ilustración 2: Tiempo total

Tras el análisis de todas las variables no se puede concluir que todas ellas sigan una distribución uniforme.

¿Existe relación entre el tiempo dedicado a la planificación de páginas de requisitos y el error cometido en la misma?

Para determinar la existencia de la relación se ha empleado un diagrama de dispersión.

En la Ilustración 3 se muestra el resultado del estudio de la existencia de la relación entre el tiempo empleado por los grupos en tareas de estrategia y planificación y el error cometido en la estimación de páginas de requisitos.

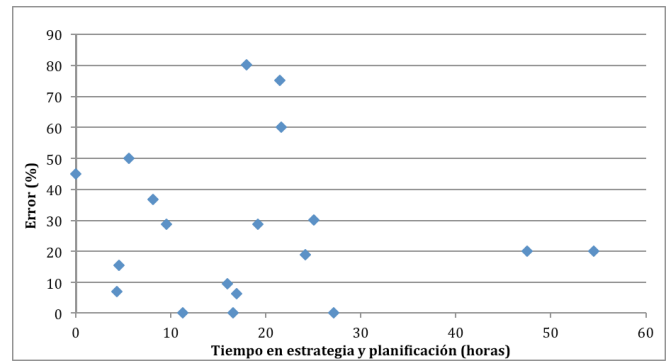


Ilustración 3: Relación entre tiempo dedicado a planificación y error cometido

Como se puede observar y como indica el coeficiente de correlación de Pearson, que en este caso toma un valor de 0.00587, no existe relación alguna entre las variables estudiadas.

¿Cuál es la velocidad de codificación estimada y real de los grupos?

En este caso se comparan las velocidades de codificación planificadas y reales de los distintos grupos de trabajo así como su media.

En la Ilustración 4 se observa que la velocidad de codificación final o real es significativamente superior a la estimada. En este caso, el análisis de los datos demuestra que la velocidad real es un 70% superior a la estimada.

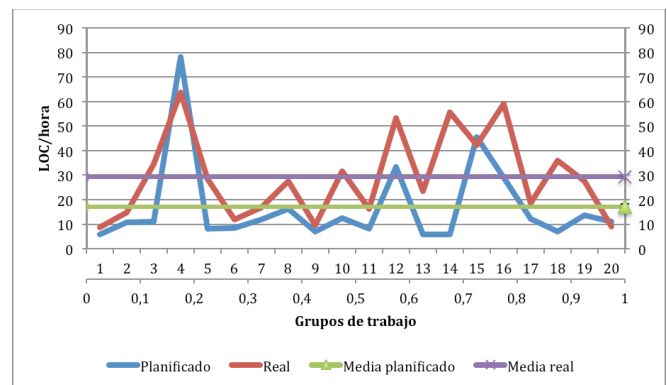


Ilustración 4: Velocidad de codificación

¿En que fases se comete mayor y menor error de estimación?

Una vez calculado el error relativo de cada uno de los grupos para cada una de las fases se procede a calcular la media de todos los grupos para cada una de las fases.

En la Ilustración 5 se puede observar que la fase con mayor error de estimación es la de Construcción e Integración (CeI), con una gran diferencia con respecto a las demás fases.

Por otro lado las fases con menor error de estimación son Estrategia y Planificación (EyP) y Planificación de la implementación (PI).

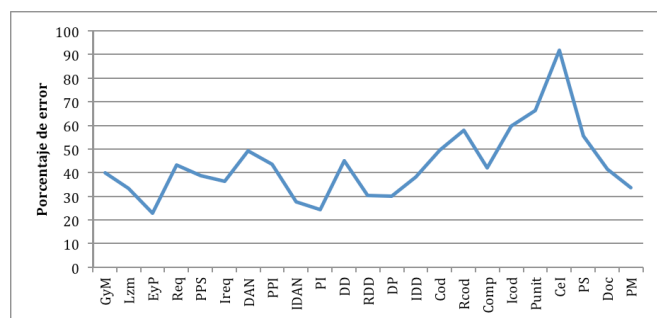


Ilustración 5: Error en la estimación por fases

con mayor tiempo de ejecución tienen un error de estimación del tamaño del proyecto elevado.

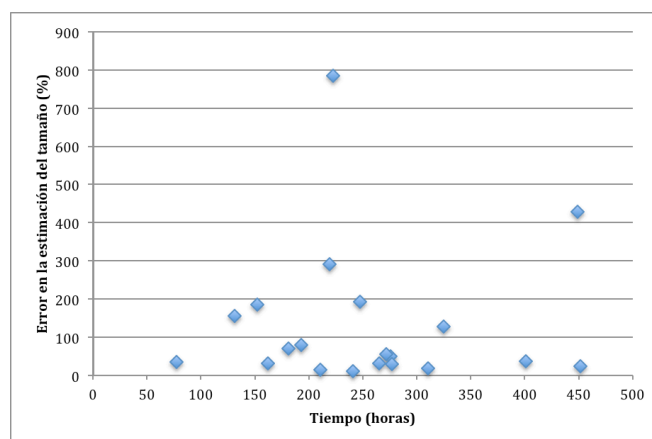


Ilustración 6: Relación entre la precisión de la estimación del tamaño y el esfuerzo total

Nombre de la fase	Abreviatura
Gestión y miscelánea	GyM
Lanzamiento	Lzm
Estrategia y planificación	EyP
Requisitos	Req
Plan de pruebas del sistema	PPS
Inspección de requisitos	Ireq
Diseño de alto nivel	DAN
Plan de pruebas de integración	PPI
Inspección de diseño de alto nivel	IDAN
Planificación de la implementación	PI
Diseño detallado	DD
Revisión de diseño detallado	RDD
Desarrollo de pruebas	DP
Inspección de diseño detallado	IDD
Codificación	Cod
Revisión de código	Rcod
Compilación	Comp
Inspección de código	Icod
Pruebas unitarias	Punit
Construcción e integración	Cel
Pruebas del Sistema	PS
Documentación	Doc
Postmortem	PM

Tabla 1: Abreviaturas de las fases

¿Existe relación entre la precisión de la estimación del tamaño y el esfuerzo?

En esta sección se pretende estudiar si el error cometido en la estimación del tamaño del proyecto guarda relación con la duración final del proyecto.

Como se observa en la Ilustración 6, no existe una relación directa entre estas variables, ya que no todos los proyectos

¿Existe relación entre la precisión de la estimación de un proyecto y el tamaño total del mismo?

El objetivo del análisis de esta variable es estudiar si la precisión en la estimación del proyecto guarda relación con el tamaño del mismo.

Como se observa en la Ilustración 7, a medida que aumenta el tamaño de un proyecto supone mayor dificultad estimar la duración del mismo.

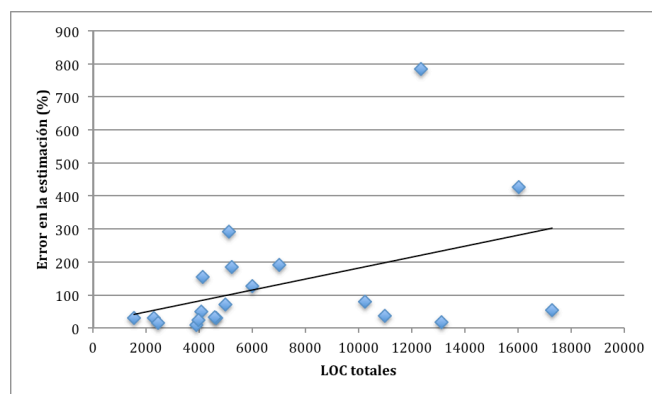


Ilustración 7: Relación entre la precisión de la estimación y el tamaño total

¿Existe relación entre la estimación del tamaño de la especificación de requisitos y el tiempo planificado?

De forma análoga a las dos preguntas anteriores, en este caso se pretende analizar si el tiempo planificado de un proyecto guarda relación con la estimación del tamaño de su especificación de requisitos.

Como se puede observar en la Ilustración 8, no existe una relación directa entre el tiempo planificado de realización de

un proyecto y el error cometido en la estimación de sus requisitos.

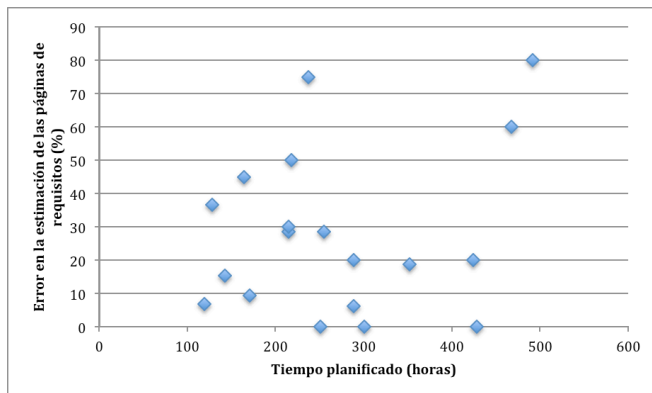


Ilustración 8: Relación entre la estimación del tamaño de los requisitos y el esfuerzo planificado

En base al estudio de relaciones entre las precisiones de estimación de un proyecto y su esfuerzo y tamaño final, se puede concluir que por lo general un mayor esfuerzo no supone haber cometido un mayor error en la planificación.

¿Existe relación entre la densidad y la velocidad de inyección de defectos?

En este apartado se pretende analizar si existe relación entre la densidad de defectos de un proyecto y la velocidad de inyección de los mismos.

Como se observa en la Ilustración 9, cuanto mayor es la densidad de defectos mayor ha sido la velocidad de inyección de los mismos.

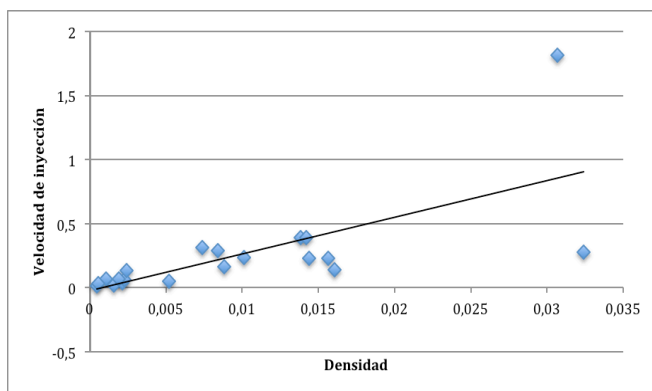


Ilustración 9: Relación entre la densidad y la velocidad de inyección de defectos

¿Existe relación entre la densidad y la velocidad de eliminación de defectos?

A continuación se analizará si existe relación entre la densidad de defectos y la velocidad de eliminación de los mismos.

Como se puede observar en la Ilustración 10, a medida que aumenta la cantidad de defectos presentes su detección se hace más sencilla.

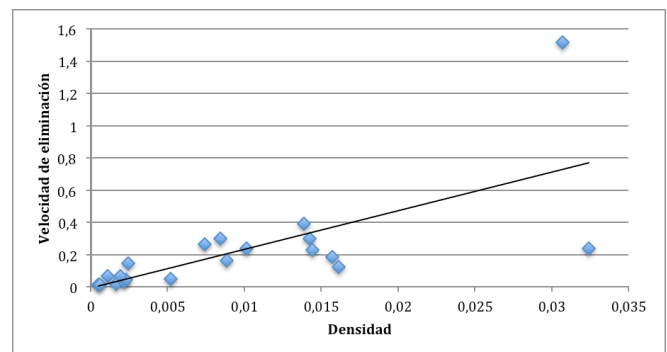


Ilustración 10: Relación entre la densidad y la velocidad de eliminación de defectos

¿Existe relación entre la densidad y la velocidad de fabricación?

De forma similar a la relación analizada con anterioridad a continuación se estudiará si existe relación entre la densidad de defectos y la velocidad de fabricación.

En la Ilustración 11 se observa que existe una relación clara entre la velocidad de fabricación y la densidad de defectos, ya que los proyectos con gran densidad de defectos tienen poca velocidad de fabricación mientras que los proyectos con menos defectos se desarrollan con mayor velocidad.

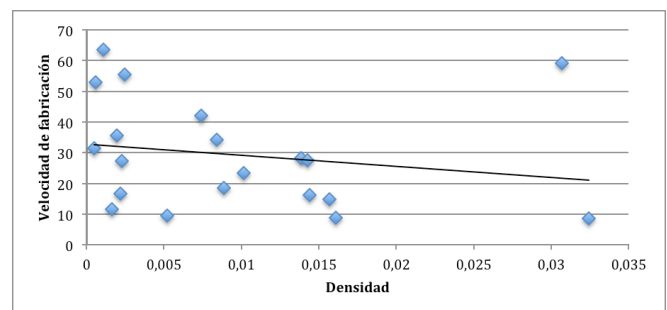


Ilustración 11: Relación entre la densidad y la velocidad de fabricación

¿Existe relación entre la velocidad de fabricación y la velocidad de inyección de defectos?

A continuación se analizará si existe relación entre la velocidad de fabricación y la velocidad de inyección de defectos.

Como se puede observar en la Ilustración 12, no existe una diferencia sustancial en las velocidades de inyección de defectos con respecto a la velocidad de fabricación.

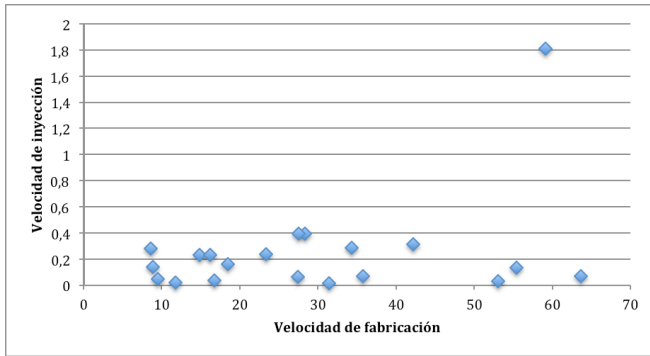


Ilustración 12: Relación entre la velocidad de fabricación y la velocidad de inyección de defectos

¿Existe relación entre la velocidad de fabricación y la velocidad de eliminación de defectos?

De manera análoga a las cuestiones anteriores, se tratará de dirimir si existe relación directa entre la velocidad de eliminación de defectos y la velocidad de fabricación del software.

En la Ilustración 13 se muestra que no hay una relación clara entre ambas velocidades, ya que existen proyectos con baja velocidad de eliminación de defectos y baja velocidad de fabricación y por contra otros con el mismo comportamiento en lo que a velocidad de eliminación se refiere pero mostrando una velocidad de fabricación alta.

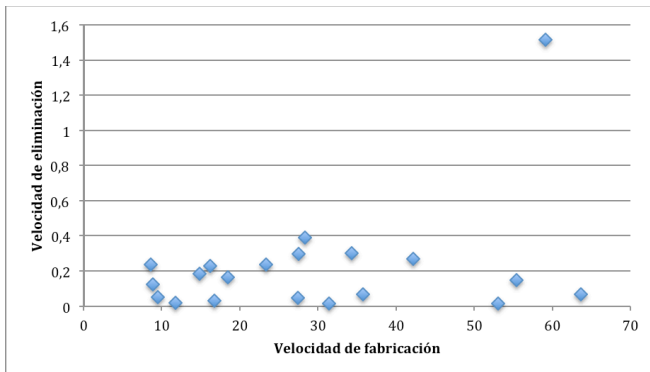


Ilustración 13: Relación entre la velocidad de fabricación y la velocidad de eliminación de defectos

¿Existe relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de inyección de defectos en codificación?

Al igual que en la cuestión anterior se determinará si existe relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de inyección de defectos en codificación.

En la Ilustración 14 se constata la no existencia de relación alguna entre ambas variables al no presentarse una tendencia clara en la evolución de los valores.

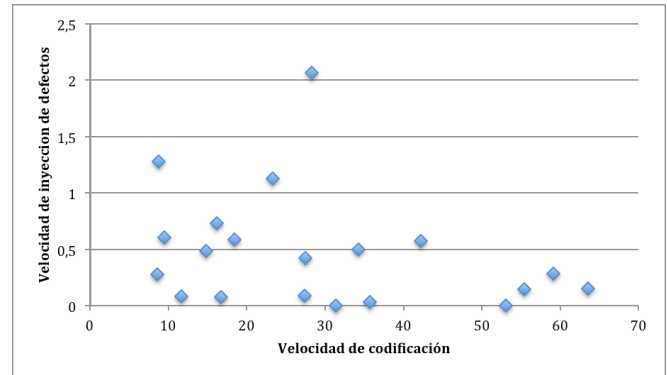


Ilustración 14: Relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de inyección de defectos en codificación

¿Existe relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de eliminación de defectos en codificación?

En este caso se evaluará si existe relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de eliminación de defectos en codificación.

En la Ilustración 15 se puede observar que un porcentaje alto de los grupos no incluyeron información sobre la velocidad de eliminación de defectos en codificación, con lo que la gráfica no resulta representativa de la relación a evaluar.

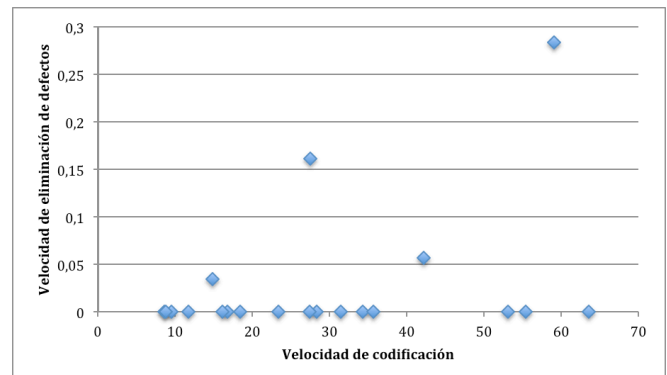


Ilustración 15: Relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de eliminación de defectos en codificación

¿Existe relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de eliminación de defectos en pruebas unitarias?

De forma análoga que en las anteriores cuestiones, se tratará de determinar si existe relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de eliminación de defectos en pruebas unitarias.

En la Ilustración 16 se puede observar que no existe relación clara entre ambas variables.

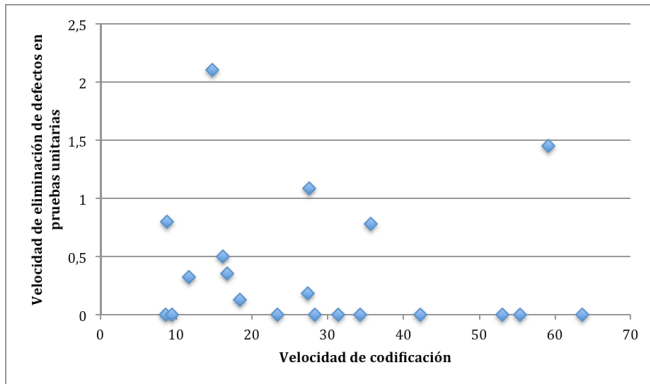


Ilustración 16: Relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de eliminación de defectos en pruebas unitarias

¿ Existe relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de eliminación de defectos en pruebas del sistema?

De forma análoga que en las anteriores cuestiones, se tratará de determinar si existe relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de eliminación de defectos en pruebas del sistema.

En la Ilustración 17 se puede observar que no existe relación clara entre ambas variables.

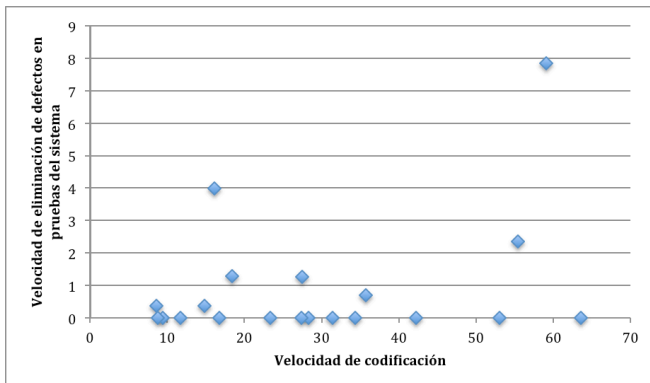


Ilustración 17: Relación entre la velocidad de codificación y la velocidad de eliminación de defectos en pruebas del sistema

¿Existe relación entre el esfuerzo para la fase de inspección de requisitos y la velocidad de detección de errores en dicha fase?

A continuación se determinará si existe relación entre el esfuerzo dedicado en la fase de inspección de requisitos y la velocidad de detección de errores en dicha fase.

En la Ilustración 18 se observa que, a pesar de dedicar más horas en la inspección de requisitos, no necesariamente se detectaron errores más rápido.

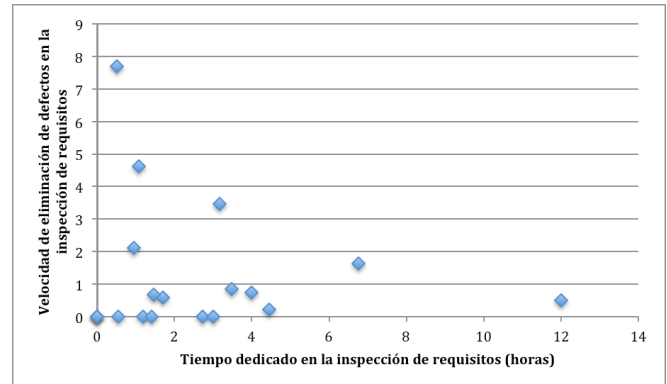


Ilustración 18: Relación entre el esfuerzo para la fase de inspección de requisitos y la velocidad de detección de errores en dicha fase

¿Existe relación entre el esfuerzo para la fase de inspección de diseño de alto nivel y la velocidad de detección de errores en dicha fase?

A continuación se determinará si existe relación entre el esfuerzo dedicado en la fase de inspección de diseño de alto nivel y la velocidad de detección de errores en dicha fase.

En la Ilustración 19 se observa que, a pesar de dedicar más horas en la inspección de diseño de alto nivel, no necesariamente se detectaron errores más rápido.

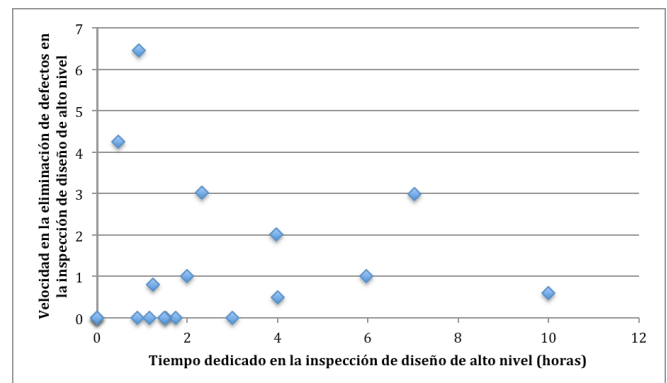


Ilustración 19: Relación entre el esfuerzo para la fase de inspección de diseño de alto nivel y la velocidad de detección de errores en dicha fase

¿Existe entre el esfuerzo para la fase de inspección de código y la velocidad de detección de errores en dicha fase?

A continuación se determinará si existe relación entre el esfuerzo dedicado en la fase de inspección de código y la velocidad de detección de errores en dicha fase.

En la Ilustración 20 se observa que, a pesar de dedicar más horas en la inspección de código, no necesariamente se detectaron errores más rápido.

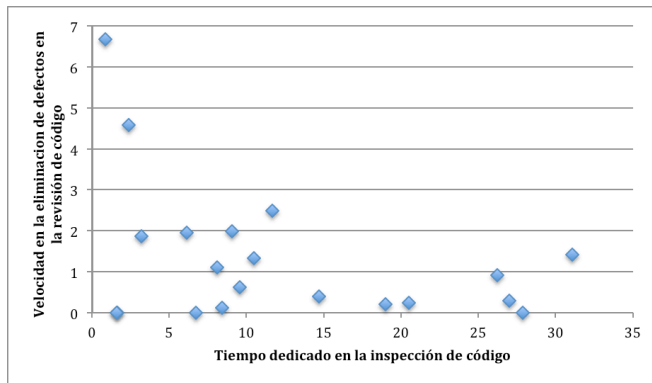


Ilustración 20: Relación entre el esfuerzo para la fase de inspección de código y la velocidad de detección de errores en dicha fase

Management and Improvement. 1997, Carnegie Mellon University.

CONCLUSIONES

Como conclusiones generales tras la realización del estudio se puede destacar que la calidad, completitud y fiabilidad de los datos son factores clave para la calidad del análisis realizado.

El bajo nivel de calidad de los datos aportados por alguno de los grupos ha supuesto un obstáculo para la observación de tendencias y relaciones entre las diferentes variables de estudio.

Como consecuencia de lo anterior, se ha de llevar a cabo un proceso de limpieza de los datos previo a este tipo de estudios.

Por lo general a la hora de estimar la duración del proyecto los grupos suelen aplicar un enfoque pesimista, ya que el tiempo requerido para la realización del proyecto es inferior al tiempo estimado.

Otro punto a destacar es que cuanto mayor densidad de defectos está presente en un proyecto más sencilla es la detección de un defecto en fases posteriores.

Por último, y como punto más importante, cuanto mayor es el tamaño de un proyecto más difícil es realizar una estimación fiable del mismo. Además, tras el análisis de los datos referentes a la velocidad de inyección y eliminación de defectos, se ha concluido que no existe relación con ninguna de las otras variables estudiadas.

REFERENCIAS

- [1] Anders Wesslén. *A Replicated Empirical Study of the Impact of the Methods in the PSP on Individual Engineers*. 2000 Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [2] William A. Florak, Robert E. Park, Anita Carleton. *Practical Software Measurement: Measuring for Process*

ANEXO I

Tamaño del producto
Páginas de requisitos (ERS)
Otras páginas de texto
Páginas de diseño de alto nivel (DAN)
Páginas de diseño detallado (DBN)
LDC básicas (B) (medidas)
LDC eliminadas (D)
LDC modificadas (M)
LDC añadidas (A)
LDC reutilizadas (R)
LDC nuevas y cambiadas totales (N)
LDC totales (T)
LDC reutilizables nuevas totales
LDC objeto estimadas (E)
Tiempo de las fases (horas)
Gestión y misceláneos
Lanzamiento
Estrategia y planificación
Requisitos
Plan de pruebas del sistema
Inspección de requisitos
Diseño de alto nivel
Plan de pruebas de integración
Inspección de diseño de alto nivel
Planificación de la implementación
Diseño detallado
Revisión de diseño detallado
Desarrollo de pruebas
Inspección de diseño detallado
Código
Revisión de código
Compilación
Inspección de código
Pruebas unitarias
Construcción e integración
Pruebas del sistema
Documentación
Postmortem

Total
Defectos inyectados
Estrategia y planificación
Requisitos
Plan de pruebas del sistema
Inspección de requisitos
Diseño de alto nivel
Plan de pruebas de integración
Inspección de diseño de alto nivel
Diseño detallado
Revisión de diseño detallado
Desarrollo de pruebas
Inspección de diseño detallado
Código
Revisión de código
Compilación
Inspección de código
Pruebas unitarias
Construcción e integración
Pruebas del sistema
Desarrollo total
Defectos eliminados
Estrategia y planificación
Requisitos
Plan de pruebas del sistema
Inspección de requisitos
Diseño de alto nivel
Plan de pruebas de integración
Inspección de diseño de alto nivel
Diseño detallado
Revisión de diseño detallado
Desarrollo de pruebas
Inspección de diseño detallado
Código
Revisión de código
Compilación
Inspección de código
Pruebas unitarias
Construcción e integración
Pruebas del sistema
Desarrollo total

